

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma / rakennustuotanto

Henri Turtiainen

TILAELEMENTTITEHTAAN TUOTANTOLINJAN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö 2014

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Rakennustekniikka

Henri Turtiainen	Tilaelementtitehtaan tuotantolinjan kehittäminen
Opinnäytetyö	24 sivua + 2 liitesivua
Työn ohjaaja	lehtori Sirpa Laakso, lehtori Jani Pitkänen
Toimeksiantaja	Elementit-E Oy
Toukokuu 2014	
Avainsanat	tilaelementti, Lean-ajattelu, tuotantolinja, rakentaminen

Tämän opinnäytetyön aiheena on tilaelementtilinjan tuotannon kehittäminen, ja tilaajana on Elementit-E Oy. Tavoitteena tässä työssä on ideoida, kuinka tuotantolinjaa voi kehittää mahdollisimman tehokkaaksi ja toimivaksi. Apuna käytetään Lean ajattelutapaa.

Teoriaosuudessa käydään läpi, mitä on tilaelementtirakentaminen sekä sen hyötyjä ja haittoja. Sen jälkeen käydään läpi Lean-ajattelua ja sen historiaa. Seuraavaksi käsitellään tilaajan valmistusprosessi ja lopuksi perehdyttiin kehitettäviin osa-alueisiin ja esitetään niille kehittämisideat.

Tilaelementin valmistus vaatii jatkuvaa kehittämistä. Työssä löydetään erilaisia ratkaisuja tuotannon edistämiseen. Tilaaja pystyy hyödyntämään kehitysideoita jatkossa tuotantolinjalla. Opinnäytetyössä keskitytään yleisellä tasolla jokaiseen elementtilinjan työpisteeseen, joten kaikkia kehitettäviä osa-alueita ei havaittu.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

Turtianen, Henri

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

May 2014

Keywords

construction

Develop prefabricated modules production line

24 pages + 2 pages of appendices

Sirpa Laakso, Senior Lecturer

Jani Pitkänen, Senior Lecturer

Elementit- E Ltd

prefabricated modules, Lean-management, production line,

The motive of the thesis is to develop manufacturing production line and the subscriber is Elementit-E Ltd. The goal in this thesis is to develop how production line can make as powerful and active as possible. In this case utilise Lean- management.

The theory part of this thesis deals with the prefabricated modules as advantages well as disadvantages. After that process with Lean-management and its history. Next process with subscribers production and in the end enter into develop part and propose development.

Manufacture prefabricated modules claims all the time development. In this work you can find different ideas of processing benefits. The subscriber can utilise the ideas in the future. The aim of the thesis is that focus is on general level and every details can't find.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
2	TILAELEMENTIT	5
2.1	Tilaelementtien hyödyt ja haitat	6
2.2	Puuelementtirakentaminen Suomessa	7
2.3	Tilaelementtien ominaispiirteet	8
3	LEAN- AJATTELU	9
3.1	Määritelmä	9
3.2	Lean-ajattelun historia	9
3.3	Lean-ajattelun periaatteet ja käytäntö	10
4	TUOTANTO ELEMENTIT- E OY:SSÄ	10
4.1	Tasoelementtien valmistus	11
4.2	Tasoelementtityypit: seinät, alapohja ja vesikatto	14
5	TUOTANTOLINJAN KEHITTÄMINEN LEAN- AJATTELUA HYÖDYNTÄEN	17
5.1	Työpisteen vaatimukset	19
5.2	Sujuvan tuotantolinjan edellytykset	21
5.3	Tuotantolinjan kehittämisen keinot	21
5.4	Kehitystyön nykytilanne ja tulevaisuus	22
6	POHDINTA	22
	LÄHTEET	24
	LIITTEET	
	Liite 1. Työpistekortti	
	Liite 2. Työvaihekortti	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Elementit- E Oy. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään tilaelementtirakentamista, sen hyötyjä ja haittoja sekä tuotantolinjan kehittämistä Lean-menetelmää apuna käyttäen. Opinnäytetyön aihe syntyi tilaajan tarpeesta kehittää omaa tuotantoaan. Elementit- E Oy muuttaa kesän aikana uusiin tuotantotiloihin ja tätä opinnäytetyötä on tarkoitus hyödyntää tulevaisuudessa tuotannossa.

Elementit-E Oy on yritys, joka on erikoistunut puurakenteisten tilaelementtien rakentamiseen ja asentamiseen kokonaisvastuu-urakkana julkisen sektorin tilatarpeisiin. Heidän tuotteitaan ovat mm. koulut, päiväkodit, toimitilat, majoitus- ja sosiaalityilat sekä erikoistilat. Elementit-E Oy:n tuotanto- ja toimitilat sijaitsevat Kouvolassa. Elementtituotannossa työskentelee 27 henkilöä, joista 6 on omia työntekijöitä ja loput ovat aliurakoitsijoita. (Elementit-E internetsivut 2014).

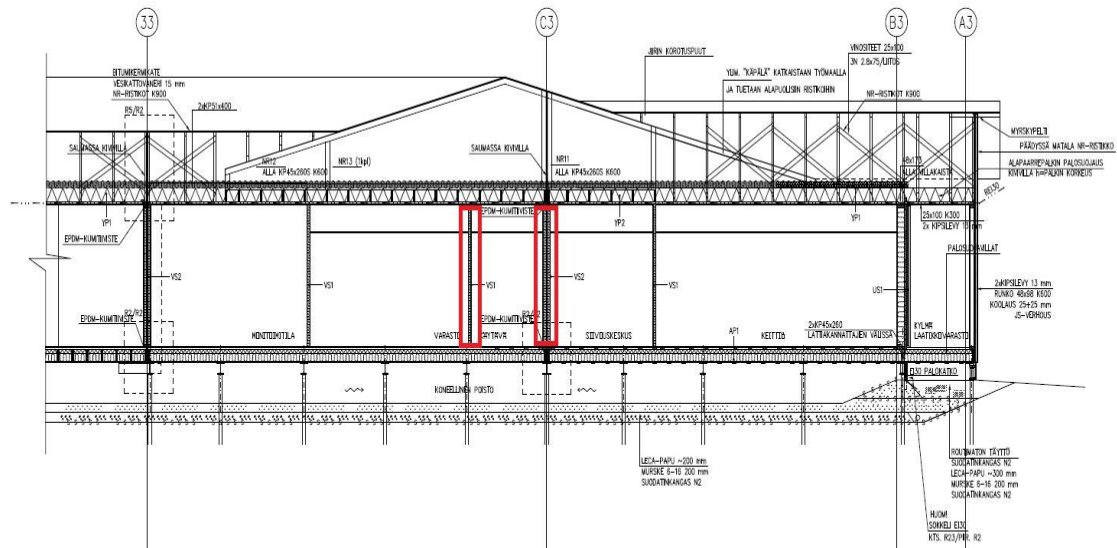
## 2 TILAELEMENTIT

Tilaelementti on tehdasolosuhteissa valmistettu ja varusteltu rakennuksen osa, jonka rakenne koostuu vähintään ala- ja yläpojista sekä päätyseinistä. Tilaelementtejä on pääasiassa kolmea eri tyyppiä:

- elementti, joka käsittää koko rakennuksen osan,
- elementti, joka on viipalemainen osa rakennusrunkoa tai
- elementti, joka asennetaan rakennuksen sisään itsenäisenä rakennusosana.

Tilaelementtirakenteissa yleisimmät materiaalit ovat teräs ja puu, mutta myös erilaisia komposiittirakenteita voidaan käyttää. Suomessa ja muissa pohjoismaissa puu on paljon käytetty rakennusmateriaali. (Tolppanen, Karjalainen, Lahtela & Viljakainen 2013, 48.) Elementeissä voi olla väliseinät joko pitkittäis- tai poikittaissuuntaisesti. Pitkittäissuunnassa tehdyt väliseinät voivat täten muodostaa elementtien väliin käytävän (kuva 1), väliseinät merkattu punaisella värillä. Poikittaissuuntaisesti asennetut väliseinät jakavat avonaisen tilan. Väliseinien asettelu määräytyy asiakkaan tarpeiden mukaan. Yleensä toimistokäyttöön rakennetuissa tilaelementtirakennuksissa käytävä

on suunniteltu keskelle elementtiä, jotta toimistohuoneita tulisi rakennukseen mahdollisimman ergonomisesti. Koulukäyttöön suunnitelluissa tilaelementti kohteissa taas osa väliseinistä on jätetty kokonaan pois, koska tilat muodostavat kokonaisen luokkahuoneen.



Kuva 1 Leikkauskuva, jossa käytävä merkattu punaisella värillä (Elementit- E Oy:n materiaalia 2014.)

## 2.1 Tilaelementtien hyödyt ja haitat

Tilaelementtien valmistus on kustannustehokasta, sillä materiaalit ja työvoima on saatua saman katon alle. Materiaalit pysyvät hyvinä sisäoloissa ja laatu on tasaisempaa kuin esimerkiksi paikalla rakentaessa. Materiaaleja voidaan tilata oikea määrä ja niiden hukka voidaan minimoida. Rakennusurakka etenee jouhevammin työmaalla, sillä elementtien LVIS-liitännät ja pinnat pystytään varusteamaan lähes valmiiksi jo tehdasolosuhteissa. Kun elementtejä valmistetaan tuotantotehtaalla, työmaalla voidaan tehdä jo perustustöitä ja kunnallistekniikka tuoda tontille. Edellä mainittujen asioiden ansiosta kustannuksien arviointi helpottuu huomattavasti. Tilaelementtien asennus työmaaolosuhteissa on nopeaa ja rakennus valmistuu perinteistä menetelmää nopeammin.

Suurimmat haasteet tilaelementtirakentamisesta aiheutuu asennuksissa ja kuljetuksissa. Suurimmat tilaelementit voivat olla yli 6 metriä korkeita, 12 metriä pitkiä ja yli 5 metriä leveitä. Painoltaan elementit ovat 4 tn- 13,5 tn. Näiden asioiden takia tilaelementtien siirtämiseen aiheutuu haasteita.

Aina kun tilaelementtejä kuljetetaan, tarvitaan erikoiskuljetusta. Erityiskuljetuksissa lupa täytyy aina hakea Pirkanmaan ELY-keskukselta ja kuljetuksissa täytyy olla varoitautot, jotka ohjaavat liikennettä. Lupa on reittikohtainen ja se myönnetään lähtö- ja määräpaikan välille, joka ilmoitetaan hakemuksessa. Reittiluvassa on määritelty alueet ja tiet, joilla luvalla saa liikkua. Luvassa on ilmoitettu myös ilmoitettu sillat, joita ei saa ylittää sekä korkeusrajoitukset (ELY-keskuksen internetsivut).

Tilaelementtejä nostetaan yleensä autonosturilla. Hallissa tiloja voidaan myös liikuttaa trukeilla ja pumppukärryillä. Työmaalla asennus tapahtuu kuitenkin aina autonosturilla. Kun rekat tulevat työmaalle, tilaelementti nostetaan sen lavan päältä autonosturilla. Nosturissa tulee olla vähintään 100 tuhannen kilon nostokyky, mutta tontin ahtauden ja rakennuksen muodon takia voidaan tarvita suurempaa nostokykyä tarjoava autonosturi. Mitä suurempi nosturi on, sitä kalliimpi se myös on. Tontti on ahdas silloin, kun lähellä on paljon rakennuksia tai puustoa. Tällöin nosturia joudutaan jatkuvasti siirtämään, ja se hidastaa työn etenemistä sekä nostaa kustannuksia.

Puusta rakennetut tilaelementit eivät ole paloturvallisuuden kannalta paras ratkaisu, mutta paloluokka saavutetaan tarvittaessa automaattisella sammutusjärjestelmällä, palokatolla ja palo-osastoinneilla. Näiden suunnittelu ja tekeminen nostavat myös kustannuksia.

## 2.2 Puuelementtirakentaminen Suomessa

Suomen pinta-alasta lähes 80 prosenttia on metsää, ja Suomi on Euroopan metsäisin maa (yli 22 miljoonaa hehtaaria). Metsiä hoidetaan hyvin ja tämä takaa sen, että kasvu on suhteessa suurempaa kuin puun käyttö. Kuitenkin Suomen tärkeintä luonnonvaraa eli puuta voitaisiin hyödyntää paremmin. Puusta valmistetut elementit ovat siis ekologisia ja täyttävät näin kestävästä rakentamisesta tavoitteen. Nykyään noin 80 prosenttia Suomen rivi- ja pientaloista sekä suurin osa vapaa-ajan asunnoista rakennetaan puusta. (Tolppanen ym. 2013, 11-12). Puusta valmistetut tilaelementit ovat myös ekologisia

ja täyttävät näin kestävän rakentamisen tavoitteen. Puu on ainut rakentamiseen käytettävä materiaali, joka uusiutuu jatkuvasti. (Tolppanen ym. 2013, 130.)

Suomessa on useita talotehtaita, jotka valmistavat tilaelementtejä yksityissektorille. Määrä on viime vuosina noussut nopeasti, sillä asiakas saa kustannustehokkaasti ja vaivattomasti talon vesikattovaiheeseen. Talopakettia saa joko yhdestä tai useammasta viipaleesta. Talonvalmistajilla on useita malleja, ja asiakas pääsee vaikuttamaan huoneratkaisuihin ja pintamateriaaleihin. Julkisella puolella tilaelementtien valmistajia ei ole kovinkaan montaa. Kohteina julkisella puolella ovat päiväkodit, koulut ja palvelutalot. Lisääntyneiden sisäilmaongelmien takia varsinkin koulujen ja päiväkotien väistötilat on lähes aina rakennettu moduuleista niiden helpon siirrettävyyden ja lyhyen rakentamisaikojen takia. Palvelutalojen lisääntyneen tarpeen vuoksi tilaelementeistä rakentaminen on hyvä ratkaisu, koska rakennusaika on normaalia rakennustapaa lyhyempi ja tilat saadaan muokattua asiakkaan tarpeen mukaiseksi.

### 2.3 Tilaelementtien ominaispiirteet

Suurimpia ominaispiirteitä tilaelementeissä on niiden siirrettävyys ja se, että niiden valmiustaso on viety mahdollisimman pitkälle jo tehdasolosuhteissa. Tilaelementtien rakentaminen ja varustellaan jo hyvin pitkälle tehtaalla, koska se on huomattavasti kustannustehokkaampaa työn jatkoa ajatellen. (Tolppanen ym. 2013, 48.) Katto on mahdollista tehdä hallissa jo harjakorkeuteen asti, jos halli on riittävän korkea. Sisä- ja ulkotiloiltaan moduulit ovat yleensä lähes valmiita sisältäen tarvittavat sähkö-, putki-, ilmastointi- ja rakennustekniset osat. Työmaalle jäävät tehtäväksi LVIS-tekniikan töiden verkostokytkennät ja elementtien välisten saumojen viimeistely rakennusteknisesti.

Tilaelementtirakentamisessa tekniset yksityiskohdat realisoituvat konseptin mukaisilla ratkaisilla, mutta rakennusten toiminta, toiminnallisuus ja ulkonäkö kartoitetaan asiakkaan kanssa. Koska tilaelementit rakennetaan puusta, niiden muokattavuus on vaivatonta. Jos asiakas esimerkiksi tarvitsee nopeasti lisätiloja, niitä on helppo laajentaa.



### 3 LEAN- AJATTELU

#### 3.1 Määritelmä

Lean-ajattelutapaa on hankala määritellä yksiselitteisesti, koska se on monitahoinen käsite. Lean voidaan määritellä joukoksi työkaluja, joiden avulla poistetaan hävikki ja sitä kautta tavoitellaan tehokkuutta. 1990-luvulla Lean-ajattelun painopiste siirtyi kuitenkin hukan eliminoinnista arvon tuottamiseen eli asiakasvaatimusten täyttämiseen. Todellisten hyötyjen saavuttamiseksi organisaation joka osa-alueella, täytyy omaksua ajattelutavan mukaiset periaatteet, jotka ovat arvo, arvovirta, virtaus, imu ja täydellisyys. Nämä periaatteet kiteyttävät Lean-ajattelun yleisen tavoitteen, joka tarkoittaa asiakasarvon tunnistamista, tuottamista ja sen toimittamista häiriöttömän virtauksen avulla. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää Lean-ajattelutavan kulttuurillista ja käytännöllistä omaksumista. (Pekuri & Herrala 2013, 194.) Lyhyesti määriteltäessä Lean on toimintastrategia, joka korostaa virtaustehokkuutta. Toisin sanoen Lean on strategia, jolla pyritään siirtymään tehokkuusstrategiassa oikealle ja ylöspäin. (Modig & Åhlström 2013, 117.)

#### 3.2 Lean-ajattelun historia

Toyotan Thinking Production System eli TPS-tuotantojärjestelmä on Lean-ajattelun perustana. Se kehitettiin toisen maailmansodan jälkeen, jolloin kansantaloudelliset olosuhteet, Japanin teollisuuden romahtaneet kotimarkkinat sekä vaikeat sodan jälkeiset olot aiheuttivat ongelmia. Näiden tekijöiden takia Toyota oli pakotettu etsimään uusia keinoja tuotantoonsa. Tavoitteena oli tehdä erilaisia autoja samalla tuotantolinjalla mahdollisimman joustavasti ja nopeasti unohtamatta laatua, tehokkuutta sekä asiakastyytyväisyyttä. Näiden tavoitteiden pohjalta Toyota kehitti oman järjestelmän, jonka tavoitteena oli poistaa tuotantoprosessista kaikki turha ja saada prosessista mahdollisimman tehokas. TPS-tuotantojärjestelmän ansiosta Toyota pystyi valmistamaan ja suunnittelemaan autoja yhdenmukaisella prosessilla sekä tuotantolaadulla. (Modig & Åhlström 2013, 69-76.)

1980-luvun lopussa länsimaiset tutkijat kiinnostuivat Toyotasta ja nimesivät havaintonsa Leaniksi. Leanin käsite on luotu Toyotan lähtökohdista, mutta on hyvä muistaa, että Lean ja TPS ovat kaksi eri käsitettä. Lean-ajattelutapa on TPS-tuotanto-

järjestelmästä lähtöisin oleva malli, josta on kehitelty erilaisia versioita ajan myötä. (Modig & Åhlström 2013, 77.)

### 3.3 Lean-ajattelun periaatteet ja käytäntö

Lean- ajattelun peruseriaatteita ovat arvo, arvovirta, virtaus, imu ja täydellisyys. Periaatteet voidaan myös määritellä kahdeksi keskeiseksi periaatteeksi:

1. Ensimmäinen periaate pitää sisällään materiaalien, tiedon ja tuotteiden keskeytymättömän virtauksen luomisen kaikissa yrityksen liiketoimintaprosesseissa. Menetelmiä keskeytymättömän virtauksen aikaansaamiseksi ovat kaikki Lean-tuotannon apuväkalut, kuten nopeat työkalujen ja tuotelinjojen vaihdot, standardoitu työ, imuohjaus, siisteys, järjestys sekä laadun ohjaus (Tuominen 2010, 7.)
2. Toisena keskeisenä periaatteena on, että työnjohto on sitoutunut edistämään jatkuvaa parantamista ja koko ajan investoimaan työntekijöihin. (Tuominen 2010, 7.)

Lean-työkalujen käytön matkiminen ei ole Lean-toiminnan ideana, vaan siinä kyse sellaisten periaatteiden kehittämisestä, jotka soveltuvat omaan organisaatioon. Periaatteiden tavoitteena on saavuttaa yhteiskunnalle ja asiakkaille parempi lisäarvo sekä korkeampi suorituskyky. (Tuominen 2010, 7.)

Lean- ajattelua voidaan pitää eräänlaisena toimintastrategiana. Se on strategia tavoitteen saavuttamiseksi. Sen tavoitteena on korostaa ennen kaikkea hyvää virtaustehokkuutta eikä resurssitehokkuutta. Virtaustehokkuuden ja kapasiteetin tehokasta käyttöä on pyrkimys parantaa eliminoinnin, hallinnan ja vähentämisen kautta. (Modig & Åhlström 2013, 127.)

## 4 TUOTANTO ELEMENTIT- E OY:SSÄ

Elementit-E Oy on erikoistunut vaativien moduulirakenteisten puutilaelementtien rakentamiseen ja asentamiseen kokonaisvastuu-urakkana (Elementit-E Oy:n internetsivut 2014).

Tuotantotilat sijaitsevat Kuusankoskella. Tämän hetkiset tuotantotilat ovat käyneet liian pieniksi, minkä takia tuotanto siirtyy uusiin tilavimpiin tiloihin Kouvolaan kesän

alussa. Vanhat tuotantotilat ovat 118 metriä pitkät ja 16 metriä leveät. Samassa rakennuksessa ovat toimisto- ja varastointitilat. Uudet tuotantotilat ovat 142 metriä pitkät ja keskimmäisen tuotantolinjan kohdalta 16 metriä leveät. Ensimmäiset 64 metriä hallista on leveämpää osaa pituudeltaan ja on leveydeltään 74 metriä. Tulevat tilat ovat aikaisemmin olleet teollisuuden käytössä ja ne ovat olleet muutaman vuoden poissa käytöstä. Ennen muuttoa halli puhdistetaan ja varustellaan tilaelementti tuotantoon soveltuvaksi. Vanhoissa tuotantotiloissa tasoelementtien valmistus tapahtuu tilan puutteen vuoksi epäloogisessa järjestyksessä, koska alapohjaelementit valmistetaan hallin toisessa päässä ja seinä- ja kattoelementit hallin vastakkaisessa päädyssä. Esimerkiksi kun alapohjaelementti on valmis, se joudutaan nostamaan hallin toisesta päästä keskiosaan ja tämän jälkeen tilaelementtiä päästään pystyttämään. Täten valmiit elementit sijaitsevat hallin keskiosassa. Epälooginen järjestys johtuu siitä, että vanhan tuotantotilan nosto-ovet sijaitsevat hallin keskellä. Uudet tilavammat tilat mahdollistavat toimivamman valmistusprosessin, jossa elementtejä ei tarvitse nostaa edestakaisin. Näin ollen moduulien valmistus etenee loogisessa järjestyksessä rakennusvaiheittain: ensin tehdään alapohjaelementti, jonka päälle nostetaan seinäelementit ja viimeiseksi kattoelementti. Valmis elementti pakataan muoveihin kuljetusta ja varastoimista varten, minkä jälkeen se siirretään ulos. Valmiit elementit nostetaan autonosturilla tai trukilla rekan kyytiin, jolla ne kuljetetaan työmaalle.

#### 4.1 Tasoelementtien valmistus

Tilaelementtien osat, joita kutsutaan tasoelementeiksi, valmistetaan Elementit- E Oy:n nykyisissä tiloissa pääsääntöisesti kolmessa työpisteessä. Näitä ovat ala- ja yläpohjat sekä seinäelementit. Tasoelementtien valmistusta edeltää suunnitteluvaihe. Valmiit suunnitelmat tulostetaan, tehdään tarvittavat merkinnät ja viedään ne työpisteelle, minkä jälkeen aloitetaan elementin valmistus. Työpisteellä on valmiina oikea määrä työntekijöitä, ja sen läheisyydessä on tarvittava määrä materiaaleja. Tasoelementtien valmistus aloitetaan tarvittavien kappaleiden, kuten puutavaran ja levyjen leikkaamisesta oikeaan mittaan. Valmistus tapahtuu elementtipöydillä, joilla se on helppo kasata. Tasoelementit varustellaan tarvittavin LVIS- varauksin jo tasoelementtien valmistusvaiheessa, esimerkiksi lattialämmityspotket asennetaan (kuva 2). Valmiina olevat seinäelementit varastoidaan hallin reunoille (kuva 3), kun taas muut tasoelementit jätetään elementtipöydille niiden suuren koon vuoksi ennen seuraavaa työvaihetta. Kun kaikki tarvittavat tasoelementit ovat valmiina, alapohjaelementin päälle kasataan tar-

vittavat tasoelementit eli seinä- ja vesikattoelementit (kuva 4). Lisäksi väliseinäelementit voidaan tarpeen mukaan liittää kasattuun tilaelementtiin.



Kuva 2 Lattialämmityspotken asennus



Kuva 3 Seinäelementit välivarastossa eli seinäväkissa





Kuva 4 Kasattu tilaelementti

#### 4.2 Tasoelementtityypit: seinät, alapohja ja vesikatto

Elementit-E Oy käyttää pääasiassa neljää erilaista tasoelementtityyppiä: alapohja-, yläpohja-, väliseinä- ja ulkoseinäelementtiä.

Alapohjaelementti on kertopuurunkoinen ja villaeristeinen (kuva 5.) Alapohjaelementin leveys on 1,6..4,6- ja pituus 4,3..12 metriä. Alapohjaelementin runkoon lisätään lisäpalikointi nostokohtiin, jotta sen runko jäykistyy. Nostettaessa tilaelementtiä nostoliinoilla alapohjaan kohdistuu suuria rasituksia. Nostotyötä tehtäessä alapohjaelementin ylä- tai alapää ei saa venyä tai puristua paljoa, koska se voi esimerkiksi venyttää valmista lattiapintaa, muovimattoa. Kohteen vaatimusten mukaan siihen voidaan lisätä vesikiertoinen lattialämmitys. Suunniteltu alapohjaelementti on tarkoitettu ryömintätilalliseen perustamisratkaisuun. Perustuslinjat tulee myös huomioida alapohjaelementtiä tehdessä, sillä perustusalkin kohtaan tulee alapintaan tuplalaudoitus. Ryömintätilallisen alapohjan tärkein ominaisuus on, että huolehditaan alapohjaontelon riittävästä tuuletuksesta ja kuivatuksesta. (Tolppanen ym. 2013, 54). Alapohjaelementin pinta on lastulevyä tai märkätiloissa havuvaneria, joka hiotaan, kitataan ja matoitetaan muovimatolla. Märkätiloja tehtäessä, alapohjaan lisätään tarvittavat LVI-varaukset ja kaadot lattiakaivoon. Elementit-E Oy:ssä alapohjat tehdään kokonaan puurakenteisina.



Kuva 5 alapohjaelementin eristysvaihe

Seinäelementtejä on kolmea erilaista tyyppiä: ulkoseinä-, kantava väliseinä- ja väliseinäelementti. Kaikki seinäelementtityypit tehdään linjaston alkupäässä ja valmiina ne on helppo varastoida. Seinäelementtien korkeus on 3,035 metriä ja pituus riippuu alapohjan pituudesta ja leveydestä. Seinäelementin pituus vaihtelee 1,85 metristä 4,6 metriin.

Kevyet ei-kantavat väliseinät ovat kertopuurunkoisia, ja ne on levytetty joko kipsilevyllä tai lujalevyllä. Tolppajako kevyissä väliseinissä on yleensä k600 (k= keskeltä keskelle). Vastaavasti märkätiloissa, joissa seinät laatoitetaan, tolppajako tihenee eli se on k400 tai k300. Kantava väliseinäelementtien paksuus määräytyy siihen kohdistuvista kuormituksista tai osastoinneista. Sen kantavuutta voidaan parantaa lisäämällä siihen runkotalppia, suurentamalla tolppien poikkileikkauspinta-alaa tai käyttämällä vahvemman lujuusluokan puutavaraa. Runkotalppajaon tihentäminen on kalliimpi ratkaisu kuin tolppien poikkipinta-alan suurentaminen. (Tolppanen ym. 2013, 60.)

Ulkoseinäelementti on tilaelementin ulkoisiin osiin asennettava elementti. Ulkoseinäelementti on rakennuksen kantava osa ja siinä on ulkoverhoukseen asti viety valmiustaso. Lisäksi siihen on tehty tarvittaessa ikkunoille ja oville varaukset jo valmiiksi.



On myös ulkoseinäelementtejä, jotka ovat kokonaan ummessa, eli niihin ei tule ollenkaan ovia tai ikkunoita.

Vesikattoelementti kasataan kattoristikoista, jotka on tilattu tehtaalle valmiiksi. Katto-  
tuolien jako on yleensä k900, ja ne tuetaan laudalla, joka lyödään kattotuolien väliin  
vaakatasossa ja vinosti. Kattoelementit eristetään villalla ja työmaalla yläpohjaan pu-  
halletaan vielä puhallusvilla.

Yläpohjaelementin kasataan ylösalaisin (kuva 6), koska alapuoli tehdään ensin val-  
miiksi ja sitten elementti käännetään hallinosturilla toisinpäin. Vesikattoelementin  
reunimmaiseen kattoristikoon voidaan tarvittaessa tehdä levytystyö palokatkoa var-  
ten. Myös sähkötöiden läpiviennit voidaan tehdä tässä työvaiheessa. Jos rakennukseen  
tulee paljon ilmanvaihtokanavia ja niitä on suunniteltu asennettavaksi yläpohjaan, ne  
voidaan tässä työvaiheessa asentaa. IV-kanavien väliin tulee putken pätkä, jossa on  
tiivisteet molemmissa päissä ja joka on hieman ohuempi kuin pääkanava. Asennus-  
vaiheessa ilmastointiasentaja vetää IV-putken osan ja liittää sen seuraavaan element-  
tiin.

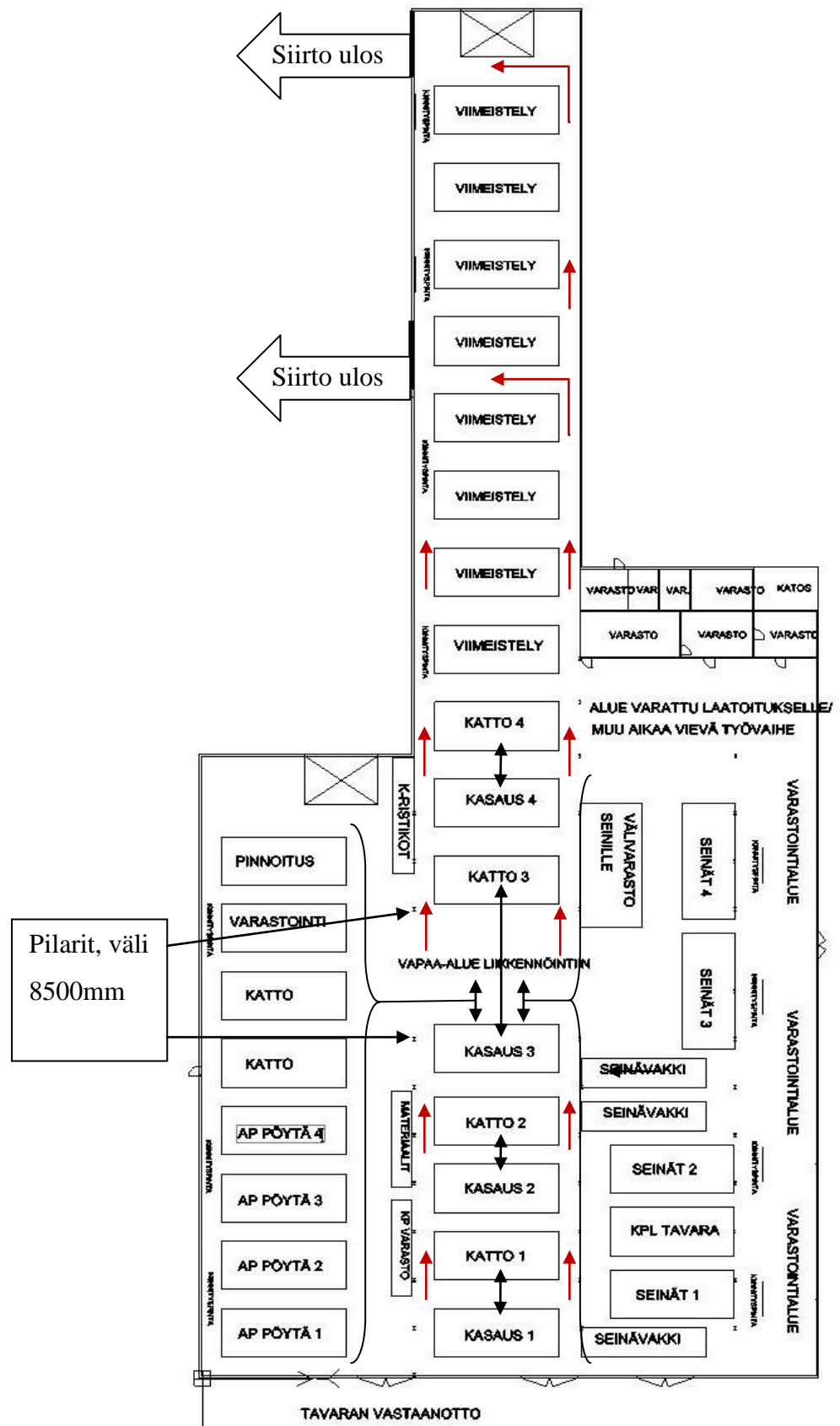


Kuva 6 Kattoelementin valmistus



## 5 TUOTANTOLINJAN KEHITTÄMINEN LEAN- AJATTELUA HYÖDYNTÄEN

Elementit-E Oy muuttaa tulevana kesänä uusiin tuotantotiloihin, ja tämän opinnäyte-työn keskeisin kehittämistavoite on uuden tuotantolinjan kehittäminen Lean- ajattelua apuna käyttäen. Ensimmäisenä perehdytään uuden tuotantotilan pohjakuvaan ja sijoitellaan elementtipöydät, kulkuväylät ja varastointialueet siten, että kaikki toimisivat tämän kautta vaivattomasti (kuva 7).



Kuva 7 Uuden tuotantotilan pohjakuva ja asettelu

Vaikka uudessa tuotantotilassa on paljon tilaa, pohjaratkaisu on melko hankala. Hankalaksi siitä tekee se, että hallin leveämmässä osassa on kolmessa rivissä pituussuunnassa pilareita noin 4,5 metrin välein. (kuva 7.) Kuitenkin elementtien siirtotyötä helpottaa se, että hallista löytyy useita katonostureita. Positiivinen asia on myös leveämmän osan keskivaiheilla oleva vapaa-alue liikennöintiin, jossa pilareitten väli on 8,5 metriä ja näin ollen elementtien liikuttaminen sujuu ongelmitta.

Hallin keskiosaan tulee päälinjasto, jossa tilaelementtiä aletaan varustella sivusta käsin. Päälinjastolla tilaelementti kasataan, kattoelementti valmistetaan, viimeistellään ja lopuksi pakataan. Tilaelementin kasaussvaiheen viereen tulee kattoelementin työpiste, jotta turhat, hankalat ja aikaa vievät nostotyöt saadaan minimiin. Tilojen kasauspisteitä tulee uuteen tuotantotilaan neljä kappaletta. Tuotantotilan vasemmassa alareunassa valmistetaan alapohjaelementtejä, oikeassa reunassa seinäelementtejä ja keskilinjalla kattoelementtejä. Kun alapohja on valmis, se siirretään kasauspisteeseen. Tämän jälkeen alapohjan päälle asennetaan seinät, jotka siirretään seinävakeista eli vaasuunnassa olevista seinävarastoista (kuva 3.) Lopuksi seinien päälle asennetaan kattoelementti. Kun tilaelementti on saatu kasattua, se siirretään keskilinjastolla viimeistelytyöpiisteelle. Viimeistelyvaiheessa tilaelementti listoitetaan ja varustellaan tarvittavine varusteineen (esimerkiksi koulukäytössä, asennetaan liitu- ja tussitaulut paikoilleen). Viimeistelyvaiheen jälkeen tehdään tarvittaessa kuljetus- ja nostotuenta. Kuljetus- ja nostotuenta on tehtävä silloin, kun tilaelementissä ei ole lainkaan väliseiniä. Tällöin tilaelementti on niin sanottu avotila, jossa ei ole muita kuin päätyseinät. Tuenta tehdään niin, että alapohja ja yläpohjan väliin tehdään lattiasta kattoon yltävä pukki n. 1,2 metriä x 3 metriä. Pukkeja tulee tilaa kohti kaksi kappaletta, metrin verran irti seinästä nostoliinon kohtaan. Lopuksi tila siivotaan ylimääräisestä roskasta ja sen jälkeen se pakataan muovilla kuljetusta varten tuotantotilan loppupäässä. Kun tilaelementti on valmis kuljetusta varten, se siirretään hallin loppupäässä sijaitsevista ovista ulos (Kuva 7.)

## 5.1 Työpisteen vaatimukset

Kun työpisteelle mennään, jokaisen on huolehdittava, että siellä on tarvittavat työkalut, materiaalit ja kuvat. Huomioitavia asioita työn toteutuksessa ovat:

- Ottaa huomioon työturvallisuus ja siisteys

- Jättää kaikki turha pois→hukan minimointi
- Tehdä työ aina kuvien mukaisesti→dimensiot ja toleranssit
- Laatuvaatimukset→asiakaslähtöisyys
- Aikataulussa pysyminen
- Virheiden huomioiminen→ei pääse etenemään tuotantolinjalla
- Työn jälkeen siivotaan omat jäljet→parantaa hyvinvointia
- Työn onnistunut suorittaminen→parantaa motivaatiota

Kaikki tarvittavat työkalut on mainittu työpistekorteissa. On myös huomioitava, että työpiste on siistissä kunnossa ennen työn aloitusta, jotta työ olisi mahdollisimman turvallista ja sujuvaa. Tarvittavat työpiirustukset löytyvät työpisteen läheisyydessä olevalta kiinnityspinnalta ja jokaisen on huolehdittava, että ne ovat siellä. Ajatuksena on, että tarvittavia työpiirustuksia on ilmoitustaululla niin useita, ettei niitä tarvitse lähteä erikseen hakemaan, kuten aikaisemmin on jouduttu tekemään. Jokaisen työpisteen ilmoitustaululle kiinnitetään työpistekortti, josta käy ilmi, mitä työkaluja, materiaaleja, kiinnikkeitä ja rakennuspiirustuksia työpisteellä tarvitaan. (liite 1.) Lisäksi työpisteiden alussa jokaiseen tasoelementtiin kiinnitetään työvaihekortti, johon merkataan elementin valmiustaso ja huomioitavat seikat (liite 2.) Liite 1 ja 2 ovat esimerkkejä, ja niitä kopioidaan jatkossa muille työpisteille. Työvaihekortteihin merkinnät tekee työntekijä ja kortti kulkee koko valmistusprosessin tasoelementin mukana esimerkiksi muovitaskussa, joka on kiinnitetty tasoelementtiin. Kasausvaiheessa työnjohto kerää dokumentit talteen ja arkistoi ne kansioon. Jokainen tasoelementti merkataan jokaisen projektin työnumeron mukaan, alkaen numerosta 1 (esimerkiksi projekti: 0123 AP 1 ja niin edelleen). Kunkin tasoelementtipisteen työntekijät tarkastavat elementin ennen kuin se siirtyy linjastolla eteenpäin eli tehdään ns. itselle luovutus. Kun tarkastukset on tehty, elementti voi siirtyä linjastolla eteenpäin.

## 5.2 Sujuvan tuotantolinjan edellytykset

Lean- ajattelun toimintastrategian toteuttamiseen on monia erilaisia keinoja. Yritykset voivat kehittää tapoja, joilla virtaustehokkuutta parannetaan. Ne voivat soveltaa perusajatuksia, joiden myötä työntekijät oppivat ajattelemaan koko ajan, miten virtaustehokkuutta voi edistää. Toimintatapoja voi soveltaa ja työvälineitä toteuttaa osana pyrkimystä vähentää, eliminoida ja hallita organisaatiossa esiintyvää vaihtelua. Se edistää imuohjausta ja samalla myös resurssien hyödyntämisen vaihtelua. (Modig & Åhlström 2013, 147.)

Tuotantolinjan pohjakuva on aseteltu niin, että työpisteet ja materiaalit ovat imuohjauksen kannalta aseteltu tuotannon kannalta järkevästi. Kaikki turha varastointi ja tästä aiheutuva ylituotanto jää sujuvan varastoinnin johdosta kokonaan pois. Työ etenee jouhevasti koko prosessin ajan ja jokaista tuotetta tuotetaan tarvittava määrä eli se edistää resurssien hyödyntämistä. Näiden asioiden vuoksi myös niin sanotut pullonkaulat eli tuotetta ei tuoteta tarvittua määrää enempää. (Modig & Åhlström 2013, 37.)

## 5.3 Tuotantolinjan kehittämisen keinot

Kun koko projekti alkaa, sen suunnitteluun on hyvä ottaa kaikki siihen liittyvät henkilöt mukaan jo heti alkuvaiheessa. Kun työntekijät ja työnjohto kommunikoivat läpi prosessin tiiviisti, työn tulos on varmasti parempi. Käytetään vanhoja ja toimivia työtapoja ja kehitetään myös uusia. Työntekijöiden motivaatiota voidaan nostaa ottamalla heidät mukaan kehittämään tuotantoa, koska he eivät voi moittia omia ideoitaan. Myös vastuun lisäämisellä motivaatiota voidaan lisätä. Koko informaatioketjun toimivuus on keskeisessä osassa: kuka tekee, milloin tekee ja miksi tekee. Virtaustehokkuus edistää asiakastyytyväisyyttä, ja tässä tapauksessa laatu on merkittävässä roolissa. Selvät ohjeet ja perehdytys on tässä tärkeää, sillä kun käyttää oikeita työtapoja, laatu on tällöin todennäköisesti korkeampaa.

Koko yrityksen henkilökunnalle ja aliurakoitsijoille Lean-ajattelu voidaan saada sisällytettyä vain ajan kanssa. Se on prosessi, joka on dynaamisessa tilassa eikä staattisessa tilassa eli se on jatkuvaa. (Modig & Åhlström 2013, 150- 151.) Henkilöstölle voidaan järjestää erilaisia perehdytyksiä tai koulutuksia Leania varten kuitenkin niin, ettei tuotanto sen takia pysähdy. Esimerkiksi valitaan sellaisia ryhmiä kerrallaan, että tilalle on henkilöitä, jotka pystyvät jatkamaan koulutuksessa olevan työtä.

## 5.4 Kehitystyön nykytilanne ja tulevaisuus

Elementit-E Oy on vielä vanhoissa tiloissa, ja uutta tuotantohallia tilaelementtituotantoon soveltuvaksi. Uusista tiloista poistetaan kaikki turhat hyllyt ja tavarat, joita siellä ei jatkossa tarvita. Kun tämänhetkinen projekti saadaan vanhoissa tiloissa päätökseen, voi uusiin tiloihin muuttaa.

Kun muutto saadaan tehdyksi, kehitystyön ideoita, kuten pohjakuvan asettelua on tarkoitus hyödyntää heti alusta asti. Toki varsinkin uusien tilojen pohjaratkaisu voi vielä hieman muuttua, mutta olemassa olevalla suunnitelmalla on hyvä lähteä liikkeelle (kuva 7). Heti alussa tulee materiaalit varastoida järkevästi. Tarvittavat materiaalit jaetaan työpisteiden läheisyyteen ja kaikki ylimääräiset rakennustarvikkeet varastoidaan hallin oikeaan reunaan (kuva 7). Myös kaikki tarvittavat työkalut sijoitetaan, siten että ne ovat heti alusta alkaen oikeilla paikoilla ja tätä kautta kaikki turha työ karsitaan heti pois. Myös työpiste- ja vaihekortit tulee ottaa heti käyttöön, jotta nähdään niiden hyöty välittömästi.

Työtekijöiden perehdyttämiseen kiinnitetään tulevaisuudessa enemmän huomioita. Jokaiseen työvaiheeseen perehdytetään riittävä määrä henkilöitä, jotta tuotanto ei hidastu, kun joku tietty henkilö ei ole paikalla. Esimerkiksi jos varastointia hoitava on sairaslomalla, hänen tilalle on heti työntekijä, joka on materiaalitilanteesta tasalla. Tällöin tuotannon teho pysyy tehokkaana eikä katkea yksittäiseen poissaoloon.

## 6 POHDINTA

Kun tuotanto saadaan alkuun, luultavasti heti huomataan, mikä toimii ja mikä taas ei. Ajan myötä varmasti saadaan yhdistettyä uudet sekä vanhat työtavat ja huomataan, miten asiat kannattaa sujuvasti tehdä. Tämä vie varmasti aikaa, mutta kuten Lean-ajattelussa ajatellaan, kehittyminen ei koskaan ole valmista. Kun kaiken turhan pyrkii jättämään pois, tulokset ovat hyviä eli kustannukset pienenevät.

Tulevaisuudessa tuotantohalliin voisi lisätä tietotekniikkaa. Aluksi hallin molempiin päätyihin ja keskiosaan voisi lisätä tietokoneen ja tulostimen, jotta jokainen työntekijä voisi itse tulostaa PDF-tiedostosta tarvittavan työpiirustuksen. Tämä tietysti vaatisi sen, että jokainen osaisi käyttää tietokonetta. Tätä varten voitaisiin joko kouluttaa ko-

ko porukka siihen tai jokaisesta työryhmästä muutama. Ajatuksen kuitenkin olisi, että paikalla olisi aina joku, joka osaisi käyttää riittävästi tietotekniikkaa.

Seuraavaksi tietotekniikka voitaisiin viedä niinkin pitkälle, että pyritäisiin siihen, ettei paperiversioita piirustuksista tarvitsisi käyttää enää ollenkaan. Jokaisen työpisteen läheisyyteen asennettaisiin suuri näyttö, josta tarvittavat kuvat nähtäisiin. Jos tarkempaa kuvaa tarvitsee, jokaisella olisi kämmentietokone, josta saisi auki detaljit.

Työpistekortteihin voitaisiin tulevaisuudessa lisätä valokuvaus. Kaikki rakenteet, jotka jäävät piiloon, kuvattaisiin. Esimerkiksi alapohjaelementin eristeet ja lattialämmitysputket dokumentoitaisiin sähköisesti tietokoneelle, ja jos niissä ilmenee työmaolosuhteissa ongelmia, dokumentit voidaan tarkistaa jälkikäteen. Tällöin pystytään toteamaan, onko virhe tapahtunut tuotanto-, kuljetus- vai asennusvaiheessa.

## LÄHTEET

Elementit-E Oy internetsivut. Saatavissa: <http://www.elementit.fi/sivut/> [viitattu: 29.4.2014].

Elementit- E Oy:n materiaalia. 2014. [viitattu 11.5.2014]

ELY-keskuksen internetsivut. Saatavissa: [http://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset#.U3J8x4F\\_v85](http://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset#.U3J8x4F_v85) [viitattu : 12.5.2014].

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean - ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Rheologica publishing: Halmstad.

Pekuri, A. & Herrala, M. 2013. Lean-organisaatiota rakentamassa – henkilöstön osallistaminen ja kulttuurinmuutoksen kulmakivet. Rakennustieto Oy: Helsinki. Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK130702\\$46\\$pdf/RK130702.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A$47$RK130702$46$pdf/RK130702.pdf) [viitattu: 30.4.2014].

Tolppanen, J. Karjalainen, M. Lahtela, T. & Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo - rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Suomen Yliopistopaino Oy: Tampere.

Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. WS Bookwell: Juva.



## Liite 1

ELEMENTIT- E OY	TYÖPISTEKORTTI	ALAPOHJA
-----------------	----------------	----------

LÄHTOTIEDOT:	POHJAKUVA, LEIKKAUSKUVA, LVI- KUVA, TYÖVAIHEKORTTI
--------------	---

## TYÖKALUT

HENKILÖKOHTAISET (MITTA, KYNÄ, SUOJAIMET)	KATKAISUSIRKKELI
AKKUPORAKONE	AUTOMAATTIRUUVAIN
PAINEILMANAULAIN	
KÄSISIRKKELI	
LÄTTIÄLÄMMITYSPUTKEN PUTKIKARUSELLI	

## MATERIAALIT

LASTULEVY 22MM	LATTIALÄMMITYSPUTKET
VANERI 21MM	KERTOPUU 45X260
LAUTA 25X100	MINERAALIVILLA 160MM
LÄMMÖNLUOVTUSLEVYT	KIVIVILLA 100MM
LAUTA 22X100MM	HUOKOINEN TUULENSUOJALEVY

## KIINNIKKEET

RUUVIT 5X100MM	RUUVIT 4.2X55MM
NAULAT 3.1X90MM	
PUULIIMA	

## HUOMIOITAVAA

-ELEMENTIT VALMISTETAAN KUVIEN MUKAAN -LATTIALÄMMITYSPUTKEN ASENNUS -LATTIALASTULEVYN RUUVAAMINEN -ERISTEIDEN TIIVIYS
--

## Liite 2

**ELEMENTIT- E OY****ALAPOHJAELEMENTTI**

Työntekijän nimi:	Päivämäärä:
Kattoelementin numero:	
<b>RAKENTEET</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ELEMENTIN MITTOJEN TARKISTUS</li> <li>• RUNKOLEVEYS</li> <li>• RUNGON PITUUS</li> <li>• MATERIAALIN LAATU</li> <li>• LATTIALÄMMITYSPUTKEN PAINEKOE</li> </ul>	
<b>LÄMMÖNERISTEET</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ERISTEIDEN TAKASTUS</li> </ul>	
<b>LISÄTIEDOT (HUOMIOITAVAT PUUTTEET)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	
<b>TYÖNTEKIJÄN ALLEKIRJOITUS</b>	<b>ESIMIEHEN ALLEKIRJOITUS</b>
Nimi:	Nimi:
Päivämäärä:	Päivämäärä: